

1. 6295P 2273 DE



①9 BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND

⑫ Patentschrift

⑩ DE 196 00 398 C 1

⑤1 Int. Cl.®:  
H 01 L 23/62  
H 01 L 27/112  
H 01 H 85/046



DEUTSCHES  
PATENTAMT

②1 Aktenzeichen: 196 00 398.9-33  
②2 Anmeldetag: 8. 1. 96  
④3 Offenlegungstag: —  
④5 Veröffentlichungstag  
der Patenterteilung: 27. 3. 97

DE 196 00 398 C 1

Innerhalb von 3 Monaten nach Veröffentlichung der Erteilung kann Einspruch erhoben werden

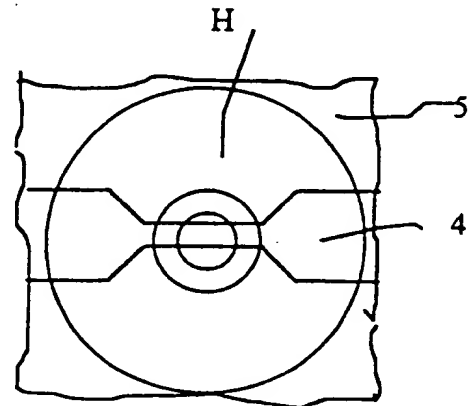
⑦3 Patentinhaber:  
Siemens AG, 80333 München, DE

⑦2 Erfinder:  
Werner, Wolfgang, Dr., 81545 München, DE

⑤6 Für die Beurteilung der Patentfähigkeit  
in Betracht gezogene Druckschriften:  
NICHTS ERMITTELT

⑤4 Schmelzsicherung in einer integrierten Halbleiterschaltung, deren Verwendung in einer Speicherzelle (PROM) sowie Verfahren zu ihrer Herstellung

⑤7 Die Erfindung sieht vor, eine Schmelzsicherung (fusible link), die als Leitbahn mit einer Querschnittsverengung als Soll-Schmelzstelle ausgebildet ist, in einem Hohlraum anzuordnen. Vorteile eines solchen fusible link sind eine geringere Zündenergie und eine erhöhte Zuverlässigkeit. Die Schmelzsicherung kann als Speicherelement eines PROM verwendet werden.



DE 196 00 398 C 1

## Beschreibung

Die Erfindung betrifft eine Schmelzsicherung in einer integrierten Halbleiterschaltung, bei der eine Leitbahn eine Querschnittsverengung als Sollschmelzstelle aufweist, deren Verwendung in einer Speicherzelle sowie das Verfahren zu ihrer Herstellung.

Integrierte Halbleiterschaltungen weisen häufig Schmelzsicherungen, sogenannte fusible links, auf, die zur Einbringung von Information in eine bereits fertiggestellte integrierte Schaltung dienen. Dies geschieht dadurch, daß die Schmelzsicherung gezündet oder nicht gezündet wird, d. h. eine Leitbahn unterbrochen oder nicht unterbrochen ist. Schmelzsicherungen werden beispielsweise zur Sicherung persönlicher Daten in Chipkarten, zur Personalisierung von Standardbausteinen in Kraftfahrzeugen, zur Einstellung von genauen Widerständen oder Widerstandsverhältnissen in analogen Schaltungen, als Speicherelement in einem PROM oder zur Erhöhung der Ausbeute bei Speicherbausteinen durch Abtrennen von defekten Speicherzellen eingesetzt.

Üblicherweise besteht eine Schmelzsicherung aus einer Leitbahn, die an der Sollschmelzstelle eine Verengung ihres Querschnitts aufweist. Dieser verengte Querschnitt weist typischerweise eine vertikale Ausdehnung von 0,1 bis 1  $\mu\text{m}$  und eine horizontale Ausdehnung von 0,5 bis 3  $\mu\text{m}$  auf. Die Schmelzsicherung ist entsprechend der Schichtfolge des Halbleiterbausteins in eine oder mehrere isolierende Schichten, vorzugsweise Siliziumdioxid, eingebettet.

Die Unterbrechung der Leitbahn erfolgt durch einen Stromimpuls, der zum Aufschmelzen der Sicherung und der sie umgebenden Isolationsschicht führt. Bei einer üblichen aus Polysilizium bestehenden Sicherung sind etwa 20 mA bei 12 V für eine Zeitdauer von 5 bis 10  $\mu\text{sec}$  erforderlich, um eine Durchtrennung zu erzielen. Dabei sind nur etwa 1 bis 10% dieser Zündenergie für das Aufschmelzen der verengten Leitbahn selber erforderlich, d. h. der weitaus überwiegende Teil der Zündenergie wird in die umgebenden Isolationsschichten abgeführt. Ein Problem bei derart unterbrochenen Sicherungen ist die Gefahr der Revitalisierung, d. h. die ursprüngliche Leitfähigkeit wird durch Temperatur- und Spannungseffekte teilweise wieder hergestellt. Beim Zünden schmilzt ein etwa kugelförmiger Bereich mit einem Durchmesser von einigen  $\mu\text{m}$  (typischerweise 2 bis 3  $\mu\text{m}$ ) auf. Dies führt zu einer Zerstörung der umliegenden Schichten, insbesondere der überliegenden Passivierungsschicht. Dadurch können Verunreinigungen wie beispielsweise Alkaliionen leichter eindringen und die Zuverlässigkeit der Bauelemente der integrierten Schaltung beeinträchtigen.

Fusible links werden auch als Speicherelement bei PROM-Speicherbausteinen eingesetzt. Dabei besteht eine Speicherzelle aus einem fusible link und einer Diode. Da die Leistungen zum Durchschmelzen sehr hoch sind und die erreichte Zuverlässigkeit gering, werden alternativ solche Speicher mit sogenannten Floating Gate- oder SONOS-Strukturen realisiert. Zum Programmieren wird der Fowler-Nordheim-Tunneleffekt oder Hot-Electron-Injektion verwendet. Nachteilig beim Fowler-Nordheim-Tunneleffekt sind die erforderlichen hohen Programmierspannungen von etwa 15 V, die Schreibzeiten liegen bei etwa 10  $\mu\text{sec}$  bis 1 msec. Bei der Programmierung mittels Hot-Electron-Injektion sind relativ hohe Ströme von einigen mA notwendig bei Schreibzeiten von ca. 10  $\mu\text{sec}$ .

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, eine Schmelzsicherung sowie ein Herstellungsverfahren für diese für eine integrierte Schaltung anzugeben, die eine verbesserte Zuverlässigkeit aufweist und die Zuverlässigkeit der integrierten Schaltung nicht beeinträchtigt. Ferner soll sie als Speicherelement geeignet sein.

Diese Aufgabe wird durch eine Schmelzsicherung mit den Merkmalen des Patentanspruchs 1 gelöst, ihre Verwendung gemäß Anspruch 7 und durch ein Herstellungsverfahren mit den Merkmalen des Anspruchs 8.

Bei der Erfindung ist die Soll-Schmelzstelle der Schmelzsicherung in einem Hohlraum untergebracht. Es muß daher nur die verengte Leitbahn selber, jedoch keine umliegende Isolationsschicht aufgeschmolzen werden. Es sind also nur noch etwa 1 bis 10% der üblichen Zündenergie erforderlich. Dadurch wird der Platzbedarf für die Zündtransistoren verringert. Die Ausbeute beim Zündvorgang wird ebenfalls verbessert. Die Gefahr der Revitalisierung wird vermieden. Da der Schmelzvorgang auf die Leitbahn beschränkt ist, werden darüber angeordnete Schutzschichten der integrierten Schaltung, wie beispielsweise Getter- und Barrierschichten, nicht zerstört, so daß die Zuverlässigkeit der übrigen Bauelemente nicht verringert wird.

Eine derartige Schmelzsicherung kann als Speicherelement eingesetzt werden, indem sie in Serie mit einer Diode oder mit einem Drain eines Auswahltransistors geschaltet wird. Ein wesentlicher Vorteil ist, daß zur Programmierung weder ein hoher Strom noch eine hohe Spannung notwendig sind. Beträgt beispielsweise der Querschnitt der Soll-Schmelzstelle  $0,4 \times 0,7 \mu\text{m}^2$  bei einer Polysiliziumbahn, so beträgt der Fustestrom ca. 5 mA bei einer Spannung von etwa 4 V. Diese Werte können durch die Wahl von kleineren Querschnitten weiter verringert werden. Die Zeit für die Programmierung einer solchen Zelle beträgt weniger als eine  $\mu\text{sec}$ . Ein weiterer Vorteil besteht darin, daß die gespeicherten Daten sicher sind, da ein Löschen und Neuschreiben grundsätzlich nicht mehr möglich ist. Auch durch Strahlung oder Temperaturlagerung können die Daten nicht verändert werden.

Die Erfindung wird im folgenden anhand eines Ausführungsbeispiels näher erläutert. Die Fig. 1 bis 5 zeigen einen Ausschnitt aus einem Halbleitersubstrat in Querschnitt bzw. in Draufsicht, an dem die Herstellung der Schmelzsicherung verdeutlicht wird.

Fig. 1 und 2: Auf einem Halbleitersubstrat 1 befinden sich eine untere und eine obere Isolationsschicht 2, 3, die eine Leitbahn 4 umgeben. Die untere und die obere Isolationsschicht 2, 3, die vorzugsweise aus Siliziumoxid bestehen, bilden zusammen eine erste Schicht. Wie in Fig. 1 erkennbar, besitzt die in die erste Schicht eingebettete, vorzugsweise aus Polysilizium bestehende Leitbahn 4 eine Querschnittsverengung, die in diesem Fall durch die Verringerung ihrer Breite erzeugt wird. Diese Querschnittsverengung stellt die Sollschmelzstelle S der Leitbahn 4 dar. Auf der oberen Isolationsschicht 3 ist eine zweite Schicht 5 aufgebracht, die beispielsweise wiederum aus Polysilizium besteht (in Fig. 1 nicht dargestellt).

Fig. 3 und 4: Vorzugsweise direkt oberhalb der Soll-Schmelzstelle S wird in der zweiten Schicht 5 eine Öffnung erzeugt, beispielsweise in einem anisotropen Ätzprozeß unter Verwendung einer Fotolackmaske. Anschließend wird in der darunterliegenden ersten Schicht 2, 3 ein Hohlraum erzeugt, derart, daß die Soll-Schmelzstelle S innerhalb dieses Hohlraums liegt. Dafür kann ein isotroper Ätzprozeß eingesetzt werden, der selektiv

zum Leitbahnmaterial und zur zweiten Schicht verläuft. Es wird ein Hohlraum mit einem Durchmesser von etwa 1 bis 3  $\mu\text{m}$  hergestellt.

Fig. 5: Anschließend kann der Hohlraum verschlossen werden, in dem eine Deckschicht aus Siliziumnitrid, BPSG (Bor-Phosphor-Silikat-Glas), TEOS (Tetraethylorthosilikat) oder einem anderen geeigneten Material oder eine Mehrfachsicht, die vorzugsweise diese Komponenten enthält, aufgebracht wird. Bei Verwendung von BPSG als Deckschicht kann dieses anschließend in einem Temperaturschritt verfließen werden, wodurch eine ebene, spannungsfreie und hoch belastbare Abdeckung entsteht.

Fig. 6: Die Schmelzsicherung kann wie oben erläutert, als Speicherelement eingesetzt werden. In einer Ausführungsform wird sie als eine Einheit mit der Diode hergestellt, indem die Leitbahn 4 selber einen pn-Übergang 7, vorzugsweise in unmittelbarer Nähe der Sollschmelzstelle, aufweist. Die Leitbahn 4 besteht also aus einem p-dotierten Teil 4b. Die Deckschicht 6 kann eine Mehrfachsicht sein, bspw. eine in der Halbleitertechnologie übliche Abdeckung aus BPSG, TEOS und Siliziumnitrid.

Fig. 7: die Erfindung umfaßt auch eine Ausführungsform, bei der die Sollschmelzstelle S nicht vollständig im Hohlraum liegt, sondern nur eine Oberfläche der Leitbahn 4 an den Hohlraum angrenzt. Die zweite Schicht 5 kann dann mit der Schicht, aus der die Leitbahn hergestellt wird, identisch sein. Vorzugsweise wird sie derart strukturiert, daß sie als Maske bei der Ätzung des Hohlraums dient. Direkt neben der Leitbahn weist die zweite Schicht 5 die für den Ätzprozeß notwendigen Öffnungen auf. Das Herstellungsverfahren wird dadurch stark vereinfacht, wobei die wesentlichen Vorteile der Erfindung weiterhin in etwas verringertem Maß erreicht werden.

In der Figur verläuft die Leitbahn 4 senkrecht zur Zeichenebene, der Schnitt verläuft durch die Sollschmelzstelle S. Die untere Oberfläche der Sollschmelzstelle liegt im Hohlraum.

Die Schmelzsicherung kann auch aus einer anderen leitenden Schicht anstelle des Polysiliziums hergestellt werden, beispielsweise aus Aluminium oder einem anderen für die Metallisierung der integrierten Schaltung verwendeten Metall oder Legierung. Für das Freiätzen des Hohlraums ist dann ein jeweils geeignetes Verfahren anzuwenden. Bei Verwendung von Aluminium kann beispielsweise HF-Dampf eingesetzt werden.

Die integrierte Schaltung mit der Schmelzsicherung kann wie gewohnt weiter verarbeitet werden, da der verschlossene Hohlraum beispielsweise dem beim Einbau in ein Plastikgehäuse auftretenden Druck ohne weiteres Stand hält. Das Verfahren zur Herstellung der Schmelzsicherung selber ist einfach, da nur eine unkritische Fototechnik und ein einfacher Naßätzschritt erforderlich sind.

#### Patentansprüche

1. Schmelzsicherung in einer integrierten Halbleiterschaltung, bei der eine Leitbahn (4) eine Querschnittsverengung als Sollschmelzstelle (S) aufweist, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Sollschmelzstelle (S) zumindest mit einer ihrer Oberflächen in einem Hohlraum (H) angeordnet ist.
2. Schmelzsicherung nach Anspruch 1, bei der der Hohlraum in einer die Leitbahn (4) umgebenden ersten Schicht (2, 3) auf einem Halbleitersubstrat (1) gebildet ist.

3. Schmelzsicherung nach einem der Ansprüche 1 bis 2, bei der der Hohlraum mit einer Deckschicht (6) abgedeckt ist.

4. Schmelzsicherung nach Anspruch 3, bei der die Deckschicht (6) eine BPSG-Schicht umfaßt.

5. Schmelzsicherung nach einem der Ansprüche 1 bis 4, bei der die Sollschmelzstelle (S) etwa in der Mitte des Hohlraums angeordnet ist.

6. Schmelzsicherung nach einem der Ansprüche 1 bis 5, bei der auf dem Hohlraum eine zweite Schicht (5) mit einer Öffnung und eine Deckschicht (6), die die Öffnung verschließt, angeordnet sind.

7. Verwendung einer Schmelzsicherung nach einem der Ansprüche 1 bis 6, als Speicherelement in einer Speicherzelle eines Halbleiterbauelementes.

8. Herstellungsverfahren für eine Schmelzsicherung in einer integrierten Schaltung nach einem der Ansprüche 1 bis 6 mit folgenden Schritten:

- Herstellung einer Leitbahn (4) mit einer Querschnittsverengung als Sollschmelzstelle (S), die in einer auf einem Halbleitersubstrat (1) angeordneten ersten Schicht (2, 3) eingebettet ist.

- Herstellen einer zweiten Schicht (5), die eine Öffnung in der Nähe der Sollschmelzstelle (S) aufweist, auf der ersten Schicht (2, 3).

- Erzeugen eines Hohlraumes in der ersten Schicht (2, 3) um die Sollschmelzstelle herum mit Hilfe eines Ätzprozesses.

9. Herstellungsverfahren für eine Schmelzsicherung in einer integrierten Schaltung nach einem der Ansprüche 1 bis 6 mit folgenden Schritten:

- Herstellen einer ersten Schicht (2) auf einem Halbleitersubstrat.

- Herstellen einer zweiten Schicht (5) auf der ersten Schicht (2), die eine Leitbahn (4) mit einer Querschnittsverengung als Sollschmelzstelle (3) und dazu benachbarte Öffnungen umfaßt.

- Erzeugen eines Hohlraumes (H) in der ersten Schicht (2) unterhalb der Sollschmelzstelle.

10. Herstellungsverfahren nach Anspruch 8 oder 9, bei dem die Öffnung in der zweiten Schicht (5) mit Hilfe einer Deckschicht (6) verschlossen wird.

11. Herstellungsverfahren nach Anspruch 10, bei dem die Deckschicht (6) aus BPSG besteht.

12. Herstellungsverfahren nach einem der Ansprüche 8 bis 11, bei dem die Schmelzsicherung in Serienschaltung mit einer Diode oder dem Drain eines Auswahltransistors verbunden wird.

13. Herstellungsverfahren nach Anspruch 12, bei dem die Leitbahn (4) einen p-n-Übergang (7) innerhalb des Hohlraums aufweist, der die Diode darstellt.

14. Schmelzsicherung nach einem der Ansprüche 1 bis 6, bei dem die Leitbahn (4) einen p-n-Übergang (7) innerhalb des Hohlraums aufweist, der eine Diode darstellt.

Hierzu 2 Seite(n) Zeichnungen

- Leerseite -

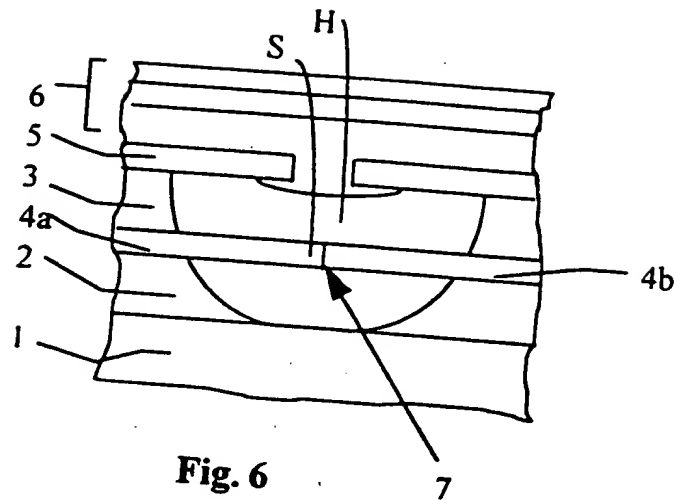


Fig. 6

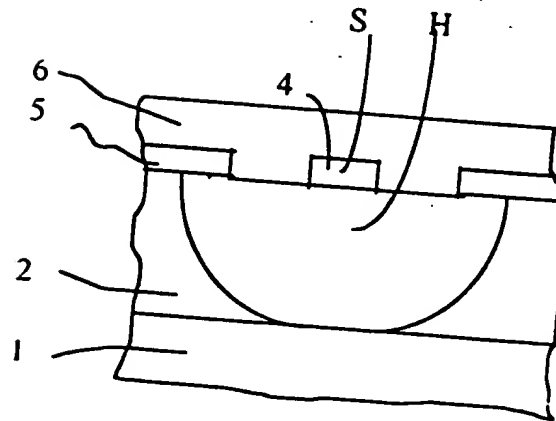


Fig. 7

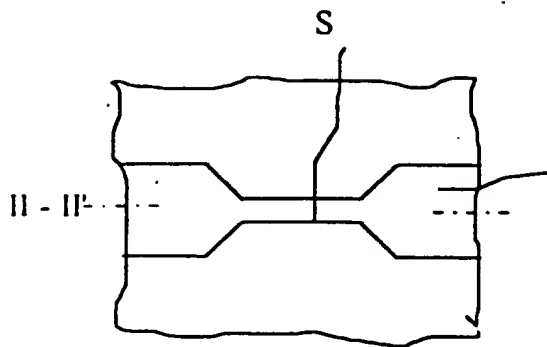


Fig. 1

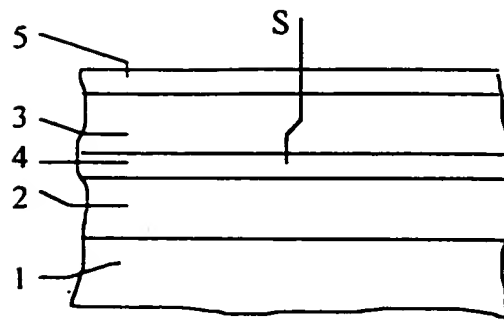


Fig. 2

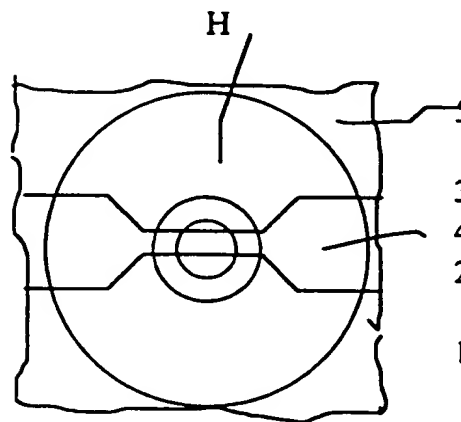


Fig. 3

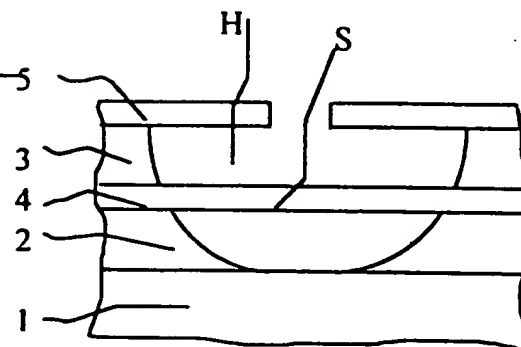


Fig. 4

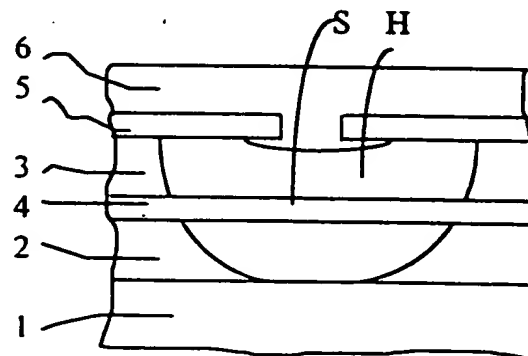


Fig. 5

Docket # 68 98 P 1307  
 Applic. # 09/629, 924  
 Applicant: Werner

Lerner and Greenberg, P.A.  
 Post Office Box 2480  
 Hollywood, FL 33022-2480  
 Tel: (954) 925-1100 Fax: (954) 925-1101